

## P2P カメラネットワークによる利用者の行動と体験の共有

何 書 勉<sup>†</sup> 木 俵 豊<sup>††</sup> 田 中 克 己<sup>†</sup>

ユビキタスネットワーク環境においてさまざまなデバイスが接続されるようになり、情報の共有がいつでも便利になってきている。われわれは、ユビキタスネットワーク環境の中で、デジタルカメラやカメラ付き PDA・ノートパソコンなどを P2P 接続し、ユーザの撮影コンテキストや、環境から与えられるコンテキストに応じて、カメラの機能が組み替えられ、実世界の情報取得を制御するという利用形態を考案している。利用者の写真共有や、被写体とカメラ間の通信に基づいた被写体によるカメラの制御などを実現することを目指して、ユーザコンテキストと環境コンテキストに応じた複数のデバイス間のコンテンツ共有など、複合的な機能を実現するための技術と、その管理手法について研究を行っている。本稿では、ユビキタスネットワーク環境における P2P カメラネットワークの概念と利用シナリオを紹介し、それを実現するための手法について述べ、さらに写真を共有する際に使われる汎用的な問い合わせ言語 CamaraSQL を提案する。

### Sharing Users' Behavior and Experience via P2P Camera Networks

SHUMIAN HE,<sup>†</sup> YUTAKA KIDAWARA<sup>††</sup> and KATSUMI TANAKA<sup>†</sup>

In the ubiquitous network environment where various devices can be connected to, sharing information is becoming much more convenient. In such an environment, we are trying to connect digital cameras, PDAs or laptop computers with cameras in P2P network, according to user's context and environmental context, and control the real-world information. Our purpose is to realize sharing of photos among users and the communication between subjects and cameras based on the user context environment, and we have researched on communication technologies and management methods to realize sharing information among multiple devices based on user context and environment context. In this paper, we introduce the concept and usage scenarios of the P2P camera network in the ubiquitous network environment, and discuss the method to realize that. Finally, we describe the CamaraSQL which be able to describe queries of the P2P cameras.

#### 1. はじめに

コンピュータを初めとする情報機器が普及やインターネット技術の進歩により、人々は自分の行動と経験を共有する意欲も高まっている。自分の感想や情報を個人にホームページ上で公開したり、BBS や Weblog などで意見を交換したりするコミュニケーションは活発に行われている。このような行動と経験を共有する際に、文字情報だけでなく、写真やビデオ、音声などいわゆるマルチメディア情報をも発信する必要がある。たとえば、旅先で撮った写真を帰宅後にウェブサーバにアップロードして公開したり、電子メールに

添付して友達に送ったりする利用例はよくある。

また、情報機器の小型化、安価化や通信技術の進歩により、ユビキタスコンピューティング環境において、実世界に実在するハードウェアデバイスや仮想世界にするコンテンツやソフトウェアを含めたあらゆるオブジェクトがネットワークに有機的に接続されることによって、利用者の好みや状況に応じたサービスの実現が可能になっている<sup>1)</sup>。そこで、利用者が作成したコンテンツもインターネット上で発信する代わりに、瞬時にユビキタスネットワーク上で共有も考えられる。

一方、従来のサーバ・クライアント型のネットワークトポロジーと違い、不特定多数の個人間で直接情報のやり取りを行なうネットワークの利用形態として、P2P 技術が注目されている。P2P ネットワーク上で、多数の情報端末を相互につないで、ファイルや演算能力などの情報資源を共有するシステムが多数開発されている。しかし、Napster<sup>2)</sup> や Gnutella<sup>3)</sup> など P2P ネットワークを利用したファイル交換のアプリケーション

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻  
Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>††</sup> 独立行政法人 情報通信研究機構メディアインタラクショングループ  
Intercative Media and Content Group, NICT

ンは、PC 同士が互いに情報を提供し合うようなファイル交換を行うことに利用され、違法なデータがやり取りされていても監視や規制を行なうことがきわめて難しいと言われ、著作権保護の問題や違法なデータの流通などさまざまな問題を起こしている。

前例のような P2P ネットワークのアプリケーションの多くは、PC 上のファイルを共有に使われている。一方、ユビキタスネットワーク環境では、PC だけでなく、インターネットなどネットワークに接続できる通信機能を備えた家電製品、いわゆる情報家電同士が情報の交換ができるようになってきている。そこで、通信機能を備えたデジタルカメラの間に、カメラの記録媒体に蓄積されている写真などを P2P ネットワークで共有する利用例が考えられる。われわれが提案するこの新しい形のデジタルカメラを P2P カメラと呼び、P2P カメラと無線ネットワークで構成されるネットワークを P2P カメラネットワークと呼ぶ。

本プロジェクトの提案では、無線 LAN に接続できるデジタルカメラ、あるいはカメラ付携帯や PDA の間で、予め共有モードで登録しておけば、どれかのカメラで撮影すると瞬時にそれ以外のカメラにコピーが自動送信されたり、ほかのカメラの中に蓄積された似たような内容の写真を検索して取得したりすることができる。サーバーレスで行い、カメラ同士の自動接続モードが特徴となる。また、特定の風景や被写体の撮影スポットでは、予め撮影ためのメタデータを蓄積し、カメラとの通信によって、「撮影禁止」や「最適な撮影方角・ズーム」などの情報をユーザのカメラに送り、ユーザにアドバイスすることを可能にする。

P2P カメラネットワークによる写真の共有は、ほかのカメラ内の写真を検索するだけでなく、自分のカメラで撮影した写真を他人のカメラにコピーを送ることも想定している。市販のデジタルカメラの機種はさまざままで、P2P カメラ同士の写真共有を実現するために、カメラの機種を依存しない、汎用の問い合わせ言語が必要と考えられる。そこで、われわれは CameraSQL を提案する。CameraSQL は、SQL 風の構文でカメラ間の写真検索、更新、配信、削除などの問い合わせを記述できる。

本稿は以下のように構成される。2 章において本研究に関連する研究について述べ、3 章で P2P カメラネットワークの応用例とその構成について述べる。4 章では P2P カメラの汎用的な問い合わせ言語 CameraSQL について提案する。まとめと今後の課題は 5 章で述べる。

## 2. 関連研究

ユビキタス環境において、デジタルカメラに通信機能を持たせ、撮影した写真や映像をネットワーク経由で配信する研究は数多くある。<sup>4)</sup> では、撮影した画像を無線 LAN で送信できるデジタルカメラが紹介されている。このデジタルカメラは、市販のカメラの CF スロットに無線 LAN カードを装着し、撮影した写真を指定されたサーバーに転送して保存する。無線 LAN の圏外では、カメラの内蔵メモリに画像を記録し、圏内で送信する仕様になっている。[5] では、高速ネットワーク、全方位カメラ<sup>6)7)</sup> 及び環境センサを用いて、遠隔地の可視化システムが紹介されている。遠隔地の様子をカメラで撮影し、リアルタイムにネットワーク経由でパソコン端末上に表示する。これらの研究は、ユビキタス環境において、デジタルカメラで撮影した静止画、動画を瞬時にインターネット上のサーバーへ転送することで、膨大な量の画像を保存や不特定多数の人への配信を実現することを目的としており、カメラ同士の情報交換を考慮していない点が本研究と異なっている。本研究では、写真はおのおののデジタルカメラの記録媒体に記録されていることを前提とし、カメラを P2P ネットワーク上のノードとして各カメラ間の情報共有を実現する。

## 3. P2P カメラネットワーク

街中にアクセスポイントというネットワークに接続したステーションを設置し、外出先でもパソコンや移動端末がインターネットに接続できる、いわゆる公衆無線 LAN 接続サービスは各地で導入されつつある。無線 LAN の通信速度は実質数 Mbps と PHS や第 3 世代携帯電話より遥かに高速で、移動端末が大量なファイルをネットワーク上で転送を可能にしている。

われわれが提案する P2P カメラネットワークは、無線 LAN に接続されたカメラ同士やカメラと被写体間の通信に基づいている。本章ではいくつかのシナリオを通して P2P カメラネットワークの利用例を紹介し、さらに P2P カメラの機能構成について述べる。

### 3.1 シナリオ

#### シナリオ 1 : カメラ間の通信

グループ旅行などで各自が所有するデジタルカメラ間であらかじめ共有モード登録をする。どれかのカメラでシャッターを切ると、写真データがあらかじめ指定しておいた他のカメラのみに自動送信される。また、他人のカメラにある写真を閲覧することも可能である。カメラ同士の通信はサーバーレスで行われる。



図1 P2Pカメラによる写真の共有

図1はこの応用例を示す。カメラで富士山の写真を撮るユーザA、B、Cの三人が、予めカメラを共有しているとす。ユーザAが撮った写真富士山の写真をユーザBに瞬時に送信される。またユーザCが、自分カメラ富士山に向けてシャッターを押すと、ユーザA、Bの撮った写真も自分のカメラで閲覧しコピーを保存することができる。

### シナリオ2：カメラと被写体が通信

名所旧跡などの観光スポットには、いい写真が撮れる「定番」の撮影場所が人々に集まり、写真を撮る。被写体がカメラに、どの角度からとって欲しいという情報、および露光時間やレンズの絞りなど、もっともきれいに撮れる撮影モードをカメラに送信することも可能である。また、被写体オブジェクトが、これまでにどのような角度から写真を撮られたというメタデータを蓄積し続ける。

### 3.2 コンテキストの取得と保存

写真を撮影する際に、写真に関する固有属性として、メーカー、機種、撮影日時、シャッタースピード、レンズの絞りなどの情報が取得できる。これらのカメラと写真に関する固有属性のことを、我々はユーザコンテキストと定義し、カメラを一意的に決める識別子もユーザコンテキストの一部であるとする。表1はユーザコンテキストの主な識別子を示している。また、観光スポットに設置されたQRコードを印刷したステッカーやRFIDからは、位置情報や地名情報などの情報も読み取れる。このような環境から取得する情報を環境コンテキストと定義する。環境コンテキストの要素として、撮影スポットの位置情報と地名情報以外に、撮影時の天気、気温なども取り入れられる。

現在、市販のデジタルカメラに用いられる写真の保存形式として、TIFF、JPEGやRAWなどのフォーマットがある。画像データの形式や圧縮方法は互いに

識別子	意味	データの例
Make	カメラのメーカー	Casio
Model	カメラのモデル	EOS 10D DIGITAL
Copyright	写真の撮影者	Yamada
Owner	カメラの所有者	Yamada
DateTime	写真の撮影日時	2005/05/30 15:30:00
ExposureTime	露光時間	1/125
Aperture	レンズの絞り	F8
Sensitivity	CCD感度	ISO100
FNumber	レンズのF値	1.5
ImageDescription	写真についての説明	

表1 ユーザコンテキストの識別子

大きく異なるが、これらのフォーマットにおいて、旧JEIDA(社団法人日本電子工業振興協会)\*が策定したExif仕様<sup>8)</sup>に従い、画像データファイルのヘッダと呼ばれる領域にさまざまなデータを記述して埋め込んでおくことができる。実際にデジタルカメラが写真の画像データを記録媒体にファイルとして作成する際に、デジタルカメラの機種情報やプレビュー画像、撮影日時、シャッタースピード、レンズの絞りなどのデータをこのヘッダ領域に付加される。本研究は、写真データファイルのこの特性を使い、コンテキストを写真のメタデータとして写真ファイルのヘッダ領域に記述することにする。

### 3.3 機能の分割

ユビキタス環境におけるさまざまな研究が行われており、ネットワークで機能の異なる複数のデバイスを接続詞、複合的な機能を実現するシステムが多く提案されている。従来のデジタルカメラの構造としては、CCDやCMOSなどの光学センサを用いて入力されたデジタル画像データを、内部メモリや記録メディア(メモリーカードなど)に記録するものである。また、被写体及び撮影画像の確認用に、液晶ディスプレイなどの表示装置を備えるものが一般的である。また、カメラの利用者が写真を撮る際に、シャッターを押す動作も不可欠である。

本研究では、P2Pカメラには下記のような複数の機能を持つとする。

- 通信機能
- ファインダー機能
- 保存機能
- シャッター制御機能

図2はP2Pカメラの機能分割のイメージを示す。

\* 2000年11月1日、組織名称をJEITA(社団法人電子情報技術産業協会)に変更した。

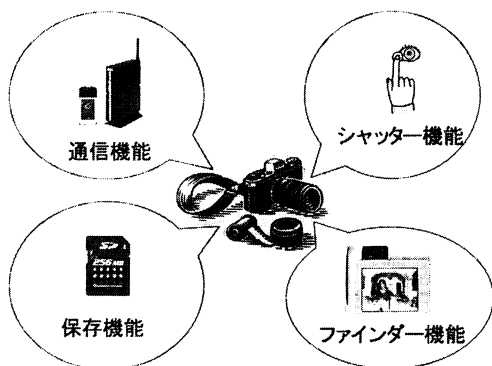


図 2 P2P カメラの機能分割

通信機能は無線 LAN デバイスに基づき、P2P カメラのもっとも重要な機能である。ファインダー機能は撮影時に構図を決めるためのカメラののぞき窓や液晶モニターはファインダー機能を果たす。保存機能は写真を記録する媒体と装置である。シャッター制御機能はシャッターを押してファインダー機能で決めた被写体を保存機能の記録媒体に記録するための操作である。

#### 4. 問い合わせ言語 CameraSQL

P2P カメラネットワークの特徴の一つは、通信機能を持ったカメラ同士は写真を共有することである。共有の前提は、複数台のデジタルカメラが予め共有モードに登録し、互いにアクセスの許可を取得することである。

##### 4.1 P2P カメラ同士の問い合わせ

われわれが提案する写真の共有は、大きく分けて二種類ある。一つは自分の撮った写真を他人のカメラに送信する操作で、もう一つは他人のカメラにある写真を検索し、自分のカメラを用いて閲覧したりコピーを保存したりする操作である。問い合わせのタイミングは、シャッターを押した瞬間である。すなわち、P2P カメラを用いてシャッターを押す操作は、のぞき窓で見た景色を保存するだけでなく、他人のカメラ内に保存されている映像をも取得するトリガーとなるのである。

カメラ同士が予め共有モードに登録する際に、各々のカメラの所有者情報を各自のカメラに登録しておく。また、共有には時間の制限があり、共有期間を越えてしまうとカメラの共有モードは自動的に解除され、カメラ同士の問い合わせができなくなる。

各カメラ内に、共有モードに登録されている別のカメラの所有者情報と共有期間の情報を持つ。カメラ  $C_i$  内にそれと共有モードに登録しているカメラ  $C_j$  の共

有ペアは以下のように記述する：

$$S_{ij}(U_j, P_{ij})$$

なお、 $U_j$  はカメラ  $C_j$  の所有者情報で、 $P_{ij}$  はカメラ  $C_i$  とカメラ  $C_j$  の共有期間とする。また、カメラ  $C_j$  内にそれと共有モードに登録しているカメラ  $C_i$  のペアは  $S_{ji}(C_j, P_{ji})$  と記述し、 $P_{ij} = P_{ji}$  とする。 $n$  台のカメラが存在する P2P カメラネットワークには、各カメラ内で保持する共有ペアの数は最大  $n-1$  で、ネットワーク内に共有ペア数は最大  $nC_2$  である。

問い合わせの際に、カメラはまず保存している各カメラペアの共有期間を調べる。共有期間が切れていない共有ペアに対し、問い合わせを行う。共有期間の切れた共有ペアを破棄する。

##### 4.2 CameraSQL の設計

CameraSQL は、われわれが提案した複数のカメラの間で写真の共有の操作を記述する問い合わせ言語である。CameraSQL は SQL 風の構文を用いて、カメラ同士で写真の配信、閲覧、削除、更新の操作を記述でき、それぞれの操作は INSERT, SELECT, DELETE, UPDATE 構文によって記述される。CameraSQL では、各カメラを関係データベース内の各テーブルとし、カメラ内一枚一枚の写真を各テーブル内のレコードとする。また、3.2 節で定義したユーザコンテキストと環境コンテキストはレコードの属性に当たる。CameraSQL で、Picture という予約語でカメラに保存されている写真ファイルを指し、また、Cameras という予約語ですべての共有ペアのカメラに対し問い合わせを行うことを意味する。

CameraSQL は、カメラが問い合わせを行う際に自動的に生成され、利用者がそれを意識する必要はない。

以下では各構文の定義と機能について述べる。

##### SELECT 文

SELECT 文は、写真の検索だけでなく、写真に関するコンテキストも検索できる。

```
SELECT Picture|context_properties
FROM camera_references
WHERE conditions
grouping_specs
ordering_specs
```

SELECT には、SELECT と FROM の節は必須であり、それ以外の節はオプションである。WHERE で条件を指定しない場合、camera\_references で指定したカメラ内の写真をすべて検索することを意味する。共有ペアの写真だけでなく、自分のカメラ内の写真も検索できる。

例：所有者が Yamada のカメラの中から、「富士山」

というキーワードを含む写真を検索する。また、露光時間は「1/125」より短いものが望ましい。条件に合う複数の写真が存在する場合、写真の結果を撮影日時間順に並べる。この問い合わせは、以下の SELECT 文で表す：

```
SELECT Picture
FROM Cameras
WHERE Copyright = "Yamada"
AND ImageDescription LIKE "%富士山%"
AND ExposureTime < 1/125
ORDER BY DateTime
```

#### INSERT 文

INSERT 文は、自分のカメラ内の写真を指定された共有ペアのカメラへ送信する操作を記述する。

```
INSERT Picture
INTO camera_references
VALUES Picture_value
WHERE conditions
```

例：今撮った写真を共有しているすべてのカメラに送信する。

```
INSERT Picture
INTO Cameras
VALUES Picture_value
WHERE DateTime = Now
```

なお、INSERT 操作の後、転送された写真の Owner 属性の値は保存先のカメラの所有者と更新される。Copyright 属性の値は変わらない。

#### DELETE 文

P2P カメラネットワーク内のカメラに対し、自分が撮影した写真を削除することができる。この操作は DELETE 文で記述する。

```
DELETE
FROM camera_references
WHERE conditions
```

例：ユーザ Suzuki が Yamada に自分の撮影した「富士山」の写真を送った後、Yamada のカメラ内にあるその写真を削除しようとする。

```
DELETE
FROM Cameras
WHERE Owner = "Yamada"
AND Copyright = "Suzuki"
AND ImageDescription LIKE "%富士山%"
```

アクセスの権限として、写真の Copyright 属性が自分の場合のみ、他人のカメラ内の写真を削除することができるとする。

#### UPDATE 文

自分のカメラ内の写真を他人のカメラに送信したあと、送信した写真の更新ができる。すなわち、他人のカメラに送信した自分で撮影した該当する写真を削除し、もう一度新しい写真を転送することになり、システム内部では DELETE 文と INSERT 文を連続発行すると同じ効果になる。

```
UPDATE camera_references
SET Picture = newPicture
WHERE conditions
grouping_specs
ordering_specs
```

例：ユーザ Suzuki が Yamada に自分の撮影した「富士山」の写真を送った後、Yamada のカメラ内にあるその写真を、今撮った最新の写真に置き換える。

```
UPDATE Yamada.camera
SET DateTime = Now,
Picture = newPicture
WHERE Owner = "Yamada"
AND Copyright = "Suzuki"
AND ImageDescription LIKE "%富士山%"
```

カメラ内部で、この UPDATE 文を実行する際に、以下のような DELETE 文と INSERT 文に分解する：

```
DELETE
FROM Yamada.camera
WHERE Copyright = "Suzuki"
AND ImageDescription LIKE "%富士山%"
```

```
INSERT Picture
INTO Yamada.camera
VALUES Picture_value
WHERE DateTime = Now
```

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、カメラの利用者がシャッターを押した瞬間、自分の写真を事前に共有モードで登録しておいた別のカメラへ送信したり、他人の写真を検索して自分のカメラにダウンロードしたりする利用例を想定し、ユビキタスネットワーク環境において、複数のカメラ同士が環境コンテキストとユーザプロフィールに基づ

いた写真の共有を実現する P2P カメラネットワークを提案した。また、P2P カメラネットワークに存在するさまざまな機種のカメラの間に写真の共有を実現するために、機種に依存しない汎用的な問い合わせ言語 CameraSQL の設計を行った。

現段階では、CameraSQL におけるリレーションは各カメラ、問い合わせの対象は写真データである。ユビキタスにおける機能の共有の観点から、カメラの各機能をネットワーク上に分散させ、データを共有するだけでなく、機能をも共有させ、オブジェクト指向データベースの概念を CameraSQL に導入する必要がある。

また、CameraSQL と P2P カメラネットワークはまだ実装されていない。設計したシステムの有用性を検証するための実装と評価実験を今後の課題の一つであると考えられている。

## 謝 辞

本研究の一部は、21世紀COEプログラム「知識社会基盤構築のための情報学拠点形成」によるものです。ここに記して謝意を表すものとします。

## 参 考 文 献

- 1) M. Weiser, "The Computer for the 21st Century", *Scientific American*, 265(3):94-4,1991.
- 2) Napster  
<http://www.napster.com/>
- 3) Gnutella  
<http://www.gnutella.com/>
- 4) <http://www.sanyo.co.jp/koho/hypertext4/0207news-j/0704-2.html>
- 5) S. Koizumi, H. Ishiguro, "Town Digitizing: Omnidirectional Image-Based Virtual Space", P. Besselaar and S.Koizumi Eds., *Digital Cities III, Information Technologies for Social Capital - a Cross-Cultural Perspective, Lecture Notes in Computer Science, State-of-the-Art Survey*, 3081, Springer-Verlag, 2004
- 6) Ishiguro, H., Sogo, T. and Ishida, T.: "Human behavior recognition by a distributed vision system", in *Proc. DiCoMo Workshop*, pp.615-620, 1997.
- 7) Ishiguro, H.: "Compact omnidirectional sensors and their applications M & E", in *Proc. Kougyou-Chosakai, March*, 1998.
- 8) EXIF:  
<https://partners.adobe.com/asn/developer/PDFS/TN/TIFF6.pdf>